# Ueber den Einfluß von Adrenalin, Ephedrin, Sympatol und Corbasil auf die Sauerstoffzehrung überlebender Gewebe.

**Dr. Josef Buczek.**

Aus dem Pharmakologischen Institut der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster Westf.
Direktor: Prof. Dr. med. et. phil. H. Freund

# Ueber den Einfluß von Adrenalin, Ephedrin, Sympatol und Corbasil auf die Sauerstoffzehrung überlebender Gewebe.

## Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster Westf.

vorgelegt von

Josef Buczek
Zahnarzt
Straelen 1935.

Buchdruckerei Pet. Keuck, Straelen-Niederrhein.

Dekan: Prof. Dr. K. W. Jötten
Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann
Korreferent: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster Westf.

Als Belavenez[1]) im Jahre 1903 nachwies, daß der Gasstoffwechsel von Warmblütern nach Andrenalininjektionen gesteigert wurde, fanden seine Ergebnisse durch zahlreiche Nachuntersuchungen ihre Bestätigung. Es entwickelte sich die große Aufgabe, die Oxydationsprozesse im Körper an ihren einzelnen Quellen zu erfassen und den Organstoffwechsel in seine Komponente zu zerlegen. Schon gleich nach den ersten Versuchen am tierischen Gesamtorganismus glaubte man, die Ursache der gesteigerten Wärmebildung, die auch nach Freund[2]) zu aseptischem Fieber führen kann, gefunden zu haben. Man machte ein Erregung des Sympathicus — dadurch bedingt eine Tonussteigerung bezw. Kohlenhydratausschüttung — für diese Wirkung verantwortlich. Erst die Versuchsergebnisse von Boothby und Sandifort[3]) brachten immer mehr die Hypothese von einer primären Stoffwechselstimulation der Zellen zur Geltung. Sie sprechen von einer Erhöhung des „gesamten vitalen Tonus" durch eine „spezifisch-dynamische Wirkung" des Adrenalins. Heftige Angriffe erfolgten und bald platzten die Theorien der einzelnen Autoren aufeinander.

Da aber für die Beurteilung des Eigenstoffwechsels des Gewebes die Untersuchungen am tierischen Gesamtorganismus keine verläßlichen Anhaltspunkte ergaben, wurde ein anderer Weg zum Erfolg beschritten. Unbelastet von mehreren dirigierenden Faktoren sollte die reine Gewebsatmung der einzelnen Organe bei Adrenalinzusatz festgestellt werden. Man verließ den Gesamtorganismus und schaltete somit einige Komponenten der Organatmung, wie Nerven- und Inkreteinflüsse, oftmals sogar starke Aenderungen des physikalisch-chemischen Milieus, aus. Die Versuche wurden am überlebenden Gewebe fortgesetzt. Hier aber bringt die nachfolgende Literatur die widersprechendsten Angaben über derartige Versuchsergebnisse.

---

[1]) Belavenez: zit. n. Ahlgren: Skand. Arch. f. Physiol. 47, 205, 1925, Suppl.
[2]) Freund, H.: Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 65, 235, 1911.
[3]) Boothby und Sandifort: Amer. Journ. of Physiol. 66, 93, 1923.

Hutchinson[1]) und Griffith[2]) stellten Versuche mit ganzen enthäuteten Froschhinterbeinen in Ringerlösung an. Sie konnten bei Anwendung der indirekten Sauerstoffbestimmungsmethode eine Steigerung des $CO_2$-Umsatzes nicht feststellen. Bei Anwendung der Dinitrobenzolmethode 'gelang es Adler und Lipschitz[3]) an fein verteilter Froschmuskulatur eine deutliche Beschleunigung der Entfärbung festzustellen. Denselben Erfolg hatte auch Ahlgren[4]) mit Methylenblau als Wasserstoffakzeptor. In einer großen Anzahl von Versuchen mit Froschmuskulatur konnte der kalorigene Adrenalineffekt beinahe konstant nachgewiesen werden. Ahlgren fand die stärkste Verkürzung der Entfärbungszeit bei einer Konzentration von $10^{-11}$-$10^{-12}$. Die Steigerung betrug zwischen 25 und 60%. Hemmungswirkungen traten erst bei einer Konzentration von $10^{-6}$ auf. Nach Starke[5]) beeinflussen die dem Adrenalin chemisch und pharmakologisch nahestehenden Verbindungen Sympatol, Corbasil und Ephedrin die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe stark. In der Konzentration $10^{-8}$ wird die Entfärbungszeit erheblich verkürzt. In höheren Konzentrationen treten bei einzelnen Dehydrierungsvorgänge Hemmungen auf. Auch bestehen Unterschiede zwischen den einzelnen Geweben in der Empfindlichkeit den Giften gegenüber. So hemmt z. B. das Sympatol im Gegensatz zu den anderen die Dehydrierung in der Leber. Die Versuche von Adler und Ahlgren können nicht als Beweis für eine oxydationssteigernde Wirkung des Adrenalins angesehen werden, da in ihnen nicht der Sauerstoffverbrauch, sondern die Reduktion von körperfremden Farbstoffen gemessen wurde. Nach der Erfahrung des hiesigen Instituts werden die Dehydrierungen und Oxydationen durch Gifte durchaus nicht in der gleichen Richtung beeinflußt. Die Wasserstoffaktivierung, die die Vorbedingung für die eigentliche Oxydation ist, kann beschleunigt verlaufen, während die Sauerstoffaufnahme verzögert ist. Beweisend für gesteigerte Oxydationsvorgänge ist nur ein gesteigerter Sauerstoffverbrauch.

---

[1]) Hutchinson: Amer. Journ. of Physiol. 62, 192, 1922.
[2]) Griffith: Amer. Journ. of Physiol. 65, 15, 1923.
[3]) Adler und Lipschitz: Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 95, 181, 1922. zit. n. Ahlgren.
[4]) Ahlgren: Skand. Arch. f. Physiol. 47, 1925, S. 206. Suppl.
[5]) Starke: Inaugural-Dissertation, Münster 1935.

Ellinger[1]) und Yamakita[2]) haben Gänse- und Kaninchenerythrocyten zum Gegenstand ihrer Untersuchungen teils mit, teils ohne Zusatz von Adrenalin gemacht. Konzentrationen von $2.10^{-6}$ - $2.10^{-4}$ erbrachten Ellinger gar keinen Effekt. Yamakita fand bei einer Konzentration von $10^{-4}$ sogar kräftige Hemmungen. Beide gingen nach der Warburg'schen Methode vor. Grafe[3]) hat mit der Gewebschnittmethode von Warburg keine Atmungssteigerungen durch Adrenalinzufuhr feststellen können.

Den ersten positiven Erfolg erbrachte Ahlgren, der einige Versuche in Thunbergs Mikrorespirometer vornahm. Nach vorheriger Suspension des Muskelbreis in einer Phosphatlösung von ($P_H$ = ca. 7) fand er mit Adrenalin $10^{-7}$ höhere Werte für den Gasaustausch, als wenn der Phosphatlösung kein Adrenalin zugesetzt wurde. Bei Adrenalinzusatz ergab sich eine Steigerung von 18-37%. Die Phosphatlösung enthielt auch einen Glukosezusatz von 0,05%. Ahlgren fand die Atmungssteigerung nich sehr hoch, glaubte aber bei geänderter Adrenalinkonzentration und Suspensionsflüssigkeit noch bessere Resultate erzielen zu können.

Zu wechselvollen Resultaten kamen Abderhalden und Gellhorn[4]), die ebenfalls nach der Warbur'schen Methode vorgingen. Sie untersuchten d- und l-Adrenalin auf den Sauerstoffverbrauch fein verteilter Muskulatur. Die negativen Ergebnisse mit Ringerlösung führten sie darauf zurück, daß das Adrenalin nicht in das Gewebe eindringen konnte. Erst die Erhöhung der Permeabilität durch Rohrzuckerzusatz erbrachte ihnen positive Resultate.

Reinwein und Singer[5]) in der Grafe'schen Klinik in Würzburg überprüften ihre ersten Versuche von 1925 auf die Sauerstoffzehrung der überlebenden Leberzelle. Der Sauerstoffverbrauch wurde berechnet für 1 mg Trockengewicht und 1 Stunde. Die Adrenalinkonzentrationen stiegen von $10^{-3}$-$10^{-13}$. Sie ersetzten die früher gebrauchte Rhodesche Lösung durch

---

[1]) Ellinger: Z. f. Physiol. Chem. 119, 11, 1922.
[2]) Yamakita: Totohu Journ. of exp. Med. 3, 567, 1922. Zit. n. Ahlgren.
[3]) Grafe: D. m. W. Nr. 16, 1925.
[4]) Abderhalden und Gellhorn: Biochem. Zeitschr. 211, 471, 1929.
[5]) Reinwein und Singer: Biochem. Zeitschr. 197, 154, 1928.

Phosphat. Trotzdem gelang es nicht, einen fördernden Adrenalineffekt nachzuweisen. Eine Hemmung setzte bei einer Konzentration von $10^{-5}$ ein.

Negativ blieben auch die Resultate von Paasch und Reinwein[1]), die, trotzdem sie die Adrenalinkonzentrationen, das $P_H$ wechselten und auch die verschiedensten Suspensionsflüssigkeiten anwandten (Ringerlösung mit Traubenzucker, Phosphatlösung und Traubenzucker), keinen vermehrten Sauerstoffverbrauch nachweisen konnten. Als Ergebnis ihrer Untersuchungen mußten sie eine direkte Anregung des Zellstoffwechels durch Adrenalin verneinen.

Als Ausgangsmaterial für ihre Versuchsreihe verwandten Kisch und Leibowitz[2]):

1. Suprarenin Höchst, salzsauer 1:1000 mit 0,4% Acetonchloroformzusatz,
2. reines Suprareninum bitartaricum syntheticum, krist., Höchst.

Die Ergebnisse blieben bei beiden Ausgangsmaterialien gleich. Die Gewebsart war bei allen Versuchen Niere vom Meerschweinchen, Ratten, Katzen und Hunden, die Versuchsmethode nach Warburg. Weder hohe noch geringe Adrenalinkonzentrationen ergaben einen possitiven Effekt auf die Atmung des Gewebes. Auch Rotschild[3]) fand Adrenalin in Konzentrationen von $10^{-4}$-$10^{-9}$ mit und ohne Glukose in Phosphatpufferlösungen unwirksam. Als Untersuchungsmaterial diente ihm Kaltblütermuskulatur. Er führt die entgegengesetzten Ergebnisse von Ahlgren auf unzureichende Sauerstoffversorgung der Muskulatur und dadurch bedingte Unregelmäßigkeiten zurück. In jüngster Zeit untersuchten Walthard und Wattenwyl[4]) die Beeinflussung der Gewebsatmung von Lebergewebe durch Adrenalin. Adrenalin übt in den untersuchten Konzentrationen von ca. $10^{-4}$ und $10^{-5}$ in Ringerlösung keinen Einfluß auf die Atmungsgröße der Leber aus.

---

[1]) Paasch und Reinwein: Biochem. Zeitschr. 211, 469, 1929.
[2]) Kisch und Leibowitz: Biochem. Zeitschr. 202, 97, 1930.
[3]) Rotschild: Biochem. Zeitschr. 217, 365, 1930.
[4]) Walthard und Wattenwyl: Ebenda 264, 104, 1933.

Ueberblicken wir die im Schrifttum vorliegenden Untersuchungsergebnisse über den Einfluß des Adrenalins auf den Sauerstoffverbrauch überlebender Gewebe, so sehen wir, daß die Theorie der direkten Einwirkung des Adrenalins auf die Oxydationsvorgänge durchaus unbewiesen ist. Für diese Annahme sprechen nur die Versuche von Ahlgren und bedingt die Ergebnisse von Abderhalden und Gellhorn. Die Mehrzahl der Autoren verneinen also den positiven Adrenalineffekt auf isoliertes Gewebe. Die Ursache ihrer negativen Ergebnisse liegt wohl darin begründet, daß sie mit ihren Adrenalinverdünnungen nicht weit genug gegangen waren. Es sei hier ganz besonders darauf hingewiesen, daß dieselben Autoren (Ellinger, Grafe, Reinwein und Singer, Paasch und Reinwein, Rotschild, Abderhalden) auch den Einfluß von Thyroxin auf die Gewebsatmung verfolgten und in keinem Falle eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs feststellen konnten, obgleich eine Steigerung des Grundumsatzes vom Gesamttier durch Thyroxingaben jedem Mediziner geläufig ist. Die Ursache des Mißerfolgs dieser Autoren ist nach Untersuchungen von Haarmann[1]) darauf zurückzuführen, daß den Versuchen zu hohe Thyroxinkonzentrationen zugeführt wurden, wie sie unter physiologischen Bedingungen niemals auftreten können. Hohe Thyroxinkonzentrationen hemmen den Sauerstoffverbrauch und niedrige steigern ihn maximal bei einer Verdünnung von $10^{-15}$. Eine Hemmung durch hohe Adrenalinkonzentrationen wurde von einer Reihe von Autoren festgestellt, ohne daß über den Mechanismus dieser Hemmungswirkungen irgendwelche Rückschlüsse gezogen wurden. Da sich an zahlreichen Beispielen zeigen läßt, daß Gifte in hohen Konzentrationen fermentative Vorgänge in umgekehrter Richtung beeinflussen wie in starken Verdünnungen, war damit zu rechnen, daß das gleiche Verhalten auch für Adrenalin zutreffen würde, zumal die Versuche am Gesamttier zu dieser Annahme herausfordern.

Es war daher die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, die Frage der Adrenalineinwirkung auf den Sauerstoffverbrauch überlebender Gewebe einer erneuten Prüfung zu unterziehen. Die Versuche wurden mit der Warburg'schen Apparatur aus-

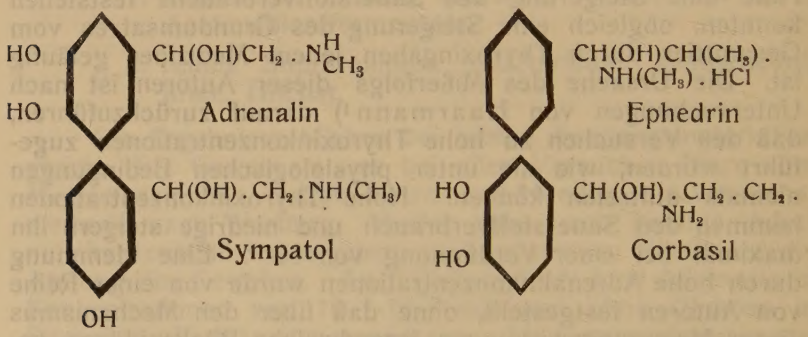
---

[1]) W. Haarmann: Biochem. Zeitschr. 285, 167, 1936.

geführt. Suspensionsflüssigkeit war Phosphatpufferlösung $P_H = 7{,}36$, m/30, Versuchstemperatur 30° C.

Neben dem Adrenalin wurde der Einfluß einer Reihe von sogenannten Adrenalinersatzmitteln, besser noch adrenalinähnlichen Mitteln auf die Sauerstoffzehrung untersucht. Allen gemeinsam ist die starke Steigerung des Blutdruckes. Im Gegensatz zum Adrenalin sind das Ephedrin und Sympatol chemisch recht stabile Stoffe, die sogar innerlich verabreicht werden können. Das Corbasil wird als Zusatz zu lokalanaestiesierenden Lösungen wie Novocain verwendet, weil es — nicht wie Adrenalin — weniger häufig unerwünschte Nebenwirkungen hervorruft.

Die chemischen Beziehungen sind aus folgenden Konstitutionsformeln ersichtlich:




Wie aus den Formeln zu ersehen, ist Adrenalin, das mit Suprarenin, Paranephrin, Epinephrin und Epirenan identisch ist, Dioxyphenyläthanolamin; Ephedrin = Ephetonin = Phenylmethylaminopropanol; Sympatol = Paraoxyphenyläthanolmethylamin und Corbasil = Orthodioxyphenylpropanolamin. Das Ephedrin ist mithin ein Abkömmling des Benzols, das Sympatol des Phenols, das Adrenalin und das Corbasil des Brenzkatechins. Die im Handel befindlichen Verbindungen sind salzsaure Salze der im Wasser unlöslichen Alkaloidbasen. Das Corbasil als Brenzkatechinderivat ist wie Adrenalin gegen Alkali sehr empfindlich.

Untersucht wurden 1. Suprareninum basicum, Höchst, das durch Zusatz von verdünnter Salzsäure in Lösung ge-

bracht wurde. Die im Handel befindlichen Suprareninlösungen enthalten als Desinfektionsmittel 0,4% Acetonchloroform, sodaß unter Umständen bei Verwendungen dieser Lösungen nicht der Adrenalineffekt, sondern die Wirkung des Desinfektionsmittels zur Beobachtung kommen könnte. 2. Ehpedrin, 3. Sympatol und 4. Corbasil. Die Stammlösung wurde aus festem Corbasilpulver und nicht aus der im Handel befindlichen Lösung hergestellt.

## Versuchsergebnisse.

Untersucht wurde zunächst der Einfluß der sympathicomimetischen Mittel auf die Sauerstoffaufnahme von Skelettmuskel, Herzmuskel, Hirn und Leber ohne weiteren Zusatz von Nährstoffen (Tabelle 1 – 4), ferner nach Zusatz von Glukose auf die Atmungsgröße von Herzmuskel und Hirn, schließlich nach Zusatz von bernsteinsaurem Natrium von mit Wasser ausgewaschener Skelettmuskulatur. Das Versuchsmaterial stammte in allen Fällen vom Rind. Die Sauerstoffaufnahme ist der Ausdruck der Oxydation entweder der im Gewebe vorhandenen oder der zugesetzten Nährstoffe. Am übersichtlichsten sind die Bedingungen am ausgewaschenen Skelettmuskel, da dieser keinerlei Sauerstoffzehrung zeigt. Setzt man ihm bernsteinsaures Natrium zu, so tritt eine kräftige Sauerstoffzehrung ein, die ausschließlich durch Verbrennung der Bernsteinsäure bedingt ist.

Nachstehende Tabellen 1—8 bringen die Versuchsergebnisse. Aus ihnen geht hervor, daß das Adrenalin und seine Verwandten die Sauerstoffzehrung am überlebenden Gewebe steigern. Das Optimum der Adrenalinwirkung liegt zumeist bei der Konzentration $10^{-7}$, einer Konzentration, die auch Ahlgren zu seinen Versuchen anwandte. Die maximalen Steigerungen betragen bei unseren Versuchen 31% (Tab. 2). Unsere Versuche stimmen mit den Ergebnissen von Ahlgren weitgehend überein. Keine Steigerung durch Adrenalin finden wir im Skelettmuskelversuch nach Glukosezusatz in Uebereinstimmung mit einer Reihe von eingangs genannter Autoren, die gleichfalls die Sauerstoffzehrung in glukosehaltiger Lösung

bestimmten. Eine Hemmung der Sauerstoffaufnahme durch hohe Adrenalinkonzentrationen $10^{-4}$ findet sich gleichfalls in unseren Versuchen, wenn auch nicht regelmäßig. Adrenalin $10^{-4}$ hemmt die Sauerstoffaufnahme vom Hirngewebe um 15% (Tab. 3). In starken Verdünnungen $10^{-10}$ ist keine Förderung der Sauerstoffaufnahme feststellbar.

Die adrenalinähnlichen Mittel wirken im Prinzip wie das Adrenalin. Auch sie fördern in mittleren Konzentrationen $10^{-7}$ und $10^{-6}$ die Sauerstoffaufnahme besonders stark. In höheren Konzentrationen setzt auch hier besonders durch Corbasil im Hirngewebe (Tab. 3 und 6) eine stärkere Hemmung der Sauerstoffaufnahme ein. Die Verwandten des Adrenalins erweisen sich in ihrer oxydationssteigernden Wirkung dem Adrenalin mitunter sogar als überlegen. Das gilt besonders für den nächsten Verwandten, das Corbasil, das die Sauerstoffaufnahme von Lebergewebe und Skelettmuskelgewebe erheblich stärker anregt als Adrenalin selbst. Alle näheren Einzelheiten sind aus den Tabellen zu ersehen.

Tabelle 1.

Skelettmuskel, ohne Zusatz.

| Konzentration | cmm $0_2$ | | | | $0_2$ : % der Kontrolle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil |
| **Kontrolle** | **288** | **426** | **231** | **308** | **100** | **100** | **100** | **100** |
| $1.10^{-10}$ | 290 | — | — | — | 100 | — | — | — |
| $1.10^{-9}$ | 319 | 416 | 234 | 314 | 111 | 98 | 101 | 102 |
| $1.10^{-8}$ | 305 | 428 | 226 | 314 | 106 | 100 | 98 | 102 |
| $1.10^{-7}$ | 308 | 458 | 241 | 382 | 107 | 107 | 104 | 124 |
| $1.10^{-6}$ | 299 | 452 | 234 | 354 | 104 | 106 | 101 | 115 |
| $1.10^{-5}$ | 281 | 460 | 256 | 327 | 98 | 108 | 111 | 106 |
| $1.10^{-4}$ | — | 432 | 236 | 321 | — | 101 | 102 | 104 |

Tabelle 2.

Herzmuskel, ohne Zusatz.

| Konzentration | cmm $0_2$ | | | | $0_2$ : % der Kontrolle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil |
| **Kontrolle** | **243** | **434** | **310** | **348** | **100** | **100** | **100** | **100** |
| $1.10^{-10}$ | 244 | — | — | — | 100 | — | — | — |
| $1.10^{-9}$ | 256 | 438 | 294 | 334 | 105 | 101 | 95 | 96 |
| $1.10^{-8}$ | 301 | 455 | 302 | 396 | 124 | 105 | 98 | 114 |
| $1.10^{-7}$ | 328 | 490 | 351 | 433 | 131 | 113 | 113 | 124 |
| $1.10^{-6}$ | 310 | 526 | 349 | 446 | 128 | 121 | 113 | 128 |
| $1.10^{-5}$ | 292 | 480 | 334 | 453 | 120 | 111 | 108 | 130 |
| $1.10^{-4}$ | — | 426 | 324 | 446 | — | 98 | 104 | 128 |

Tabelle 3.

Hirn, ohne Zusatz.

| Konzentration | cmm $O_2$ | | | | $O_2$ : % der Kontrolle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil |
| Kontrolle | **219** | **124** | **189** | **112** | **100** | **100** | **100** | **100** |
| $1.10^{-9}$ | 220 | 138 | 223 | 117 | 100 | 111 | 118 | 104 |
| $1.10^{-8}$ | 242 | 134 | 238 | 117 | 110 | 108 | 126 | 104 |
| $1.10^{-7}$ | 241 | 146 | 210 | 126 | 110 | 118 | 111 | 112 |
| $1.10^{-6}$ | 236 | 134 | 207 | 116 | 108 | 108 | 109 | 104 |
| $1.10^{-5}$ | 227 | 115 | 216 | 92 | 104 | 93 | 114 | 82 |
| $1.10^{-4}$ | 186 | 132 | 205 | 88 | 85 | 106 | 108 | 78 |

Tabelle 4.

Leber, ohne Zusatz.

| Konzentration | cmm $O_2$ | | | | $O_2$ : % der Kontrolle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil |
| Kontrolle | **266** | **152** | **129** | **94** | **100** | **100** | **100** | **100** |
| $1.10^{-9}$ | 265 | 153 | 131 | 102 | 100 | 101 | 102 | 108 |
| $1.10^{-8}$ | 294 | 151 | 130 | 146 | 111 | 99 | 101 | 155 |
| $1.10^{-7}$ | 319 | 158 | 140 | 152 | 120 | 104 | 109 | 162 |
| $1.10^{-6}$ | 291 | 157 | 135 | 123 | 109 | 104 | 105 | 131 |
| $1.10^{-5}$ | 277 | 155 | 134 | 111 | 104 | 102 | 104 | 118 |
| $1.10^{-4}$ | 264 | 140 | 133 | 103 | 100 | 92 | 103 | 110 |

Tabelle 5.

Herzmuskel, Glukosezusatz.

| Konzentration | cmm $O_2$ | | | | $O_2$ : % der Kontrolle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil |
| Kontrolle | **236** | **544** | **448** | **494** | **100** | **100** | **100** | **100** |
| $1\ 10^{-10}$ | 234 | — | — | — | 99 | — | — | — |
| $1.10^{-9}$ | 248 | 548 | 448 | 508 | 105 | 101 | 100 | 103 |
| $1.10^{-8}$ | 266 | 548 | 453 | 508 | 113 | 101 | 101 | 103 |
| $1.10^{-7}$ | 302 | 552 | 494 | 524 | 128 | 101 | 110 | 106 |
| $1.10^{-6}$ | 256 | 568 | 478 | 526 | 108 | 104 | 107 | 106 |
| $1.10^{-5}$ | 240 | 572 | 474 | 550 | 101 | 105 | 106 | 111 |
| $1.10^{-4}$ | — | 528 | 447 | 509 | — | 97 | 100 | 103 |

Tabelle 6.

Hirn, Glukosezusatz.

| Konzentration | cmm $O_2$ | | | | $O_2$ : % der Kontrolle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil |
| Kontrolle | **240** | **249** | **182** | **196** | **100** | **100** | **100** | **100** |
| $1.10^{-9}$ | 244 | 252 | 194 | 209 | 102 | 101 | 107 | 107 |
| $1.10^{-8}$ | 240 | 252 | 203 | 212 | 100 | 101 | 111 | 108 |
| $1.10^{-7}$ | 236 | 282 | 211 | 218 | 98 | 113 | 116 | 111 |
| $1.10^{-6}$ | 244 | 276 | 222 | 221 | 102 | 111 | 122 | 113 |
| $1.10^{-5}$ | 228 | 272 | 205 | 196 | 95 | 109 | 113 | 100 |
| $1.10^{-4}$ | 220 | 263 | 199 | 157 | 92 | 106 | 109 | 80 |

Tabelle 7.

Skelettmuskel, Bernsteinsäurezusatz.

| Konzentration | cmm $0_2$ | | | | $0_2$ : % der Kontrolle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil | Adrenalin | Ephedrin | Sympatol | Corbasil |
| Kontrolle | **455** | **528** | **472** | **411** | **100** | **100** | **100** | **100** |
| $1.10^{-9}$ | 504 | 524 | 470 | 410 | 111 | 99 | 100 | 100 |
| $1.10^{-8}$ | 588 | 538 | 478 | 436 | 129 | 102 | 101 | 106 |
| $1.10^{-7}$ | 528 | 542 | 524 | 485 | 116 | 103 | 111 | 118 |
| $1.10^{-6}$ | — | 558 | 510 | 468 | — | 106 | 108 | 114 |
| $1.10^{-5}$ | 452 | 536 | 504 | 464 | 99 | 102 | 107 | 113 |
| $1.10^{-4}$ | 456 | 528 | 485 | 448 | 100 | 100 | 103 | 109 |

Tabelle 8.

Skelettmuskel, Glukosezusatz.
Adrenalin.

| Konzentration | 0,0 | $1.10^{-10}$ | $1.10^{-9}$ | $1.10^{-8}$ | $1.10^{-7}$ | $1.10^{-6}$ | $1.10^{-5}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cmm $0_2$ | 437 | 441 | 449 | 452 | 456 | 456 | 411 |
| $0_2$ : % der Kontrolle | 100 | 101 | 103 | 103 | 104 | 104 | 94 |

## Zusammenfassung.

Adrenalin und die ihm ähnlich gebauten Verbindungen Ephedrin, Sympatol und Corbasil steigern die Sauerstoffatmung von überlebendem Gewebe. Das Optimum der Sauerstoffaufnahme liegt bei allen Stoffen annähernd bei der gleichen Konzentration von ca. $10^{-7}$. Die maximalen Steigerungen bei unseren Versuchen betragen unter der Adrenalinwirkung bis zu 31%. Die Ausschläge für die übrigen Stoffe sind von der gleichen Größenordnung. Bereits in Konzentrationen von $10^{-5}$-$10^{-4}$ tritt eine Hemmung auf. Die Adrenalinwirkung auf Gasstoffwechsel ist somit durch eine primäre Anregung der Oxydationsvorgänge in der Zelle selbst und nicht sekundär durch einen gesteigerten Erregungszustand des Sympathicus bedingt.

# Lebenslauf.

Ich bin am 6. November 1908 zu Königshütte O.S. als Sohn des Schichtmeisters Constantin Buczek und seiner Ehefrau Maria geb. Griese geboren. Die Volksschule besuchte ich in meiner Heimatstadt und in Rheinberg, die höhere Schule in Rheinberg, Straelen und Geldern. In Geldern bestand ich Ostern 1929 meine Reifeprüfung und wandte mich darauf dem Baufach zu. Erst im Wintersemester 1931 begann ich das Studium der Zahnheilkunde auf der Universität zu Münster. Mit Unterbrechung eines Semesters auf der Universität in Wien bestand ich nach 3 Semestern meine zahnärztliche Vorprüfung und nach weiteren 4 Semestern das zahnärztliche Staatsexamen im Frühjahr 1935.

---

Am Schlusse meiner Arbeit möchte ich nicht versäumen, Herrn Dr. Dr. Walter Haarmann für die Ueberlassung des Themas sowie für manchen wertvollen Hinweis meinen herzlichsten Dank auszusprechen.